



Salazar Ledesma, Guillermo F. (2017).

Álvarez Romero, Sergio Omar (2017).
(<https://orcid.org/0000-0001-7157-7729>)

Gómez Lara, María de Lourdes (2017).

Seguimiento al programa de obra utilizando BIM 4D y cámaras web.
p. 209-218

En:
BIM en la construcción / coordinadores: Aurora Minna Poó Rubio y Jorge Rodríguez-Martínez.
México: Universidad Autónoma Metropolitana.
Unidad Azcapotzalco, 2017.

Fuente: ISBN 978-607-28-1305-1.

Relación: <http://hdl.handle.net/11191/5782>

Universidad
Autónoma
Metropolitana
Casa abierta al tiempo **Azacapotzalco**

CYAD
Ciencias y Artes para el Diseño

Procesos
y Técnicas de Realización

<https://www.azc.uam.mx/>

<https://www.cyad.online/uam/>

<http://procesos.azc.uam.mx/>

ta Administración
y Tecnología para el Diseño
Investigación

<https://administracionytecnologiaparaeldiseño.azc.uam.mx/>

Repositorio Institucional
Zaloamati
"Preservar con amor y cariño el saber"

<http://zaloamati.azc.uam.mx>



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como

Atribución-NoComercial-SinDerivadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

D.R. © 2016. Universidad Autónoma Metropolitana. Se autoriza copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando se den los créditos de manera adecuada, no puede hacer uso del material con propósitos comerciales, si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. Para cualquier otro uso, se requiere autorización expresa de la Universidad Autónoma Metropolitana.



Dr. Guillermo F. Salazar Ledesma, PhD, - DBIA

Department of Civil & Environmental Engineering,
Worcester Polytechnic Institute – USA
salazar@wpi.edu

Dr. Sergio Omar Álvarez Romero

Universidad Autónoma de Yucatán, México
aromero@correo.uady.mx

M.I. María de Lourdes Gómez Lara

Universidad Autónoma de Yucatán, México
gluglu75@hotmail.com

17

SEGUIMIENTO AL PROGRAMA DE OBRA
UTILIZANDO BIM 4D Y CAMARAS WEB

RESUMEN

Durante la planeación y control de un proyecto de construcción, el programa de obra es un elemento clave en la administración del proyecto. Las representaciones visuales como los diagramas de Gantt o CPM son de utilidad en las reuniones periódicas en las que se le da seguimiento y se toman las decisiones para controlar el proyecto y conseguir su culminación exitosa.

La tecnología emergente conocida como Modelación de la Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés), es la representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción, y como tal sirve como una fuente de conocimiento compartido acerca de un proyecto de construcción, creando una base confiable para la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta tecnología permite una nueva forma de visualizar el programa de obra utilizando un modelo BIM 4D, que es una simulación visual de la secuencia constructiva del proyecto.

En este trabajo se exponen las ventajas y limitaciones, en base a la experiencia documentada, de un método alternativo para realizar el seguimiento del programa de obra utilizando un modelo BIM 4D y la información registrada en imágenes por cámaras web, situadas en diferentes ubicaciones del proyecto para su actualización periódica.

Palabras Clave: BIM, 4D, Administración de Proyectos, Programa de Obra.

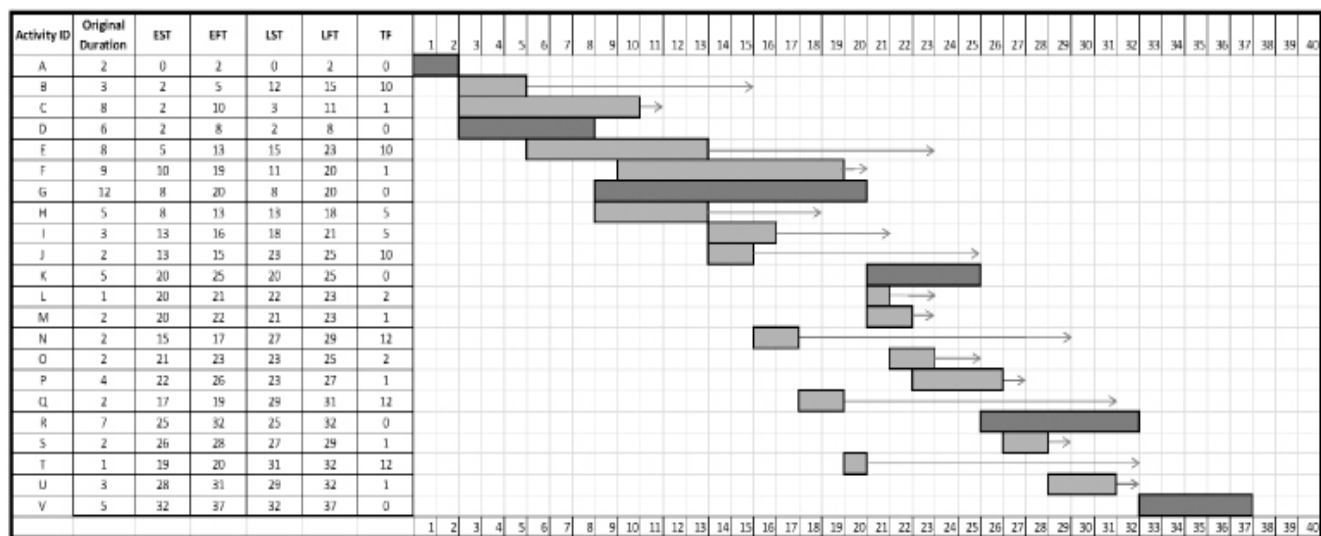


Figura 17.1 Ejemplo de un diagrama de Gantt.

INTRODUCCIÓN

La administración de proyectos es el arte y ciencia de coordinar personas, equipo, materiales, dinero y programas de obra para completar un proyecto en tiempo y en el costo aprobado. El programa de obra es creado determinando el método constructivo y la secuencia de actividades para realizar una operación de construcción, asegurando que todas las actividades importantes para la realización del proyecto son tomadas en cuenta (Oberlander, 2000). Usando las actividades plasmadas en un programa de obra, se crea una representación visual de éste, usualmente en la forma de un diagrama de Gantt o de una red CPM o Ruta Crítica.

El diagrama de Gantt es de utilidad para visualizar las actividades que se realizan en un determinado momento y su duración. Típicamente se representan en rojo las actividades que forman parte de la ruta crítica, tal como se puede apreciar en la (figura 17.1). Otra representación visual usada con frecuencia es la red CPM, en la que se representan las actividades como nodos y las relaciones entre estas como flechas. Este tipo de diagramas es de utilidad para encontrar conflictos en el programa de obra (ver figura 17.2).

Durante la planeación y control de un proyecto de construcción, el programa de obra es un elemento clave de la administración del proyecto. Las representaciones visuales, como los diagramas de Gantt o CPM, son de utilidad en las reuniones periódicas en las que se le da seguimiento y se toman las decisiones para controlar el proyecto y conseguir su culminación exitosa.

La tecnología conocida como Modelación de la Información de Construcción (BIM por sus siglas en inglés), es la representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción y como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido acerca de un proyecto de construcción, creando una base confiable para la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Smith 2007). Esta tecnología permite una nueva forma de visualizar el programa de obra mediante una representación con un modelo BIM 4D, que es una simulación visual de la secuencia constructiva del proyecto (figura 17.3). Esta es una representación menos abstracta que el diagrama de Gantt o una red CPM, es más fácil de entender por personas sin un conocimiento técnico de la administración de proyectos, como es frecuente en

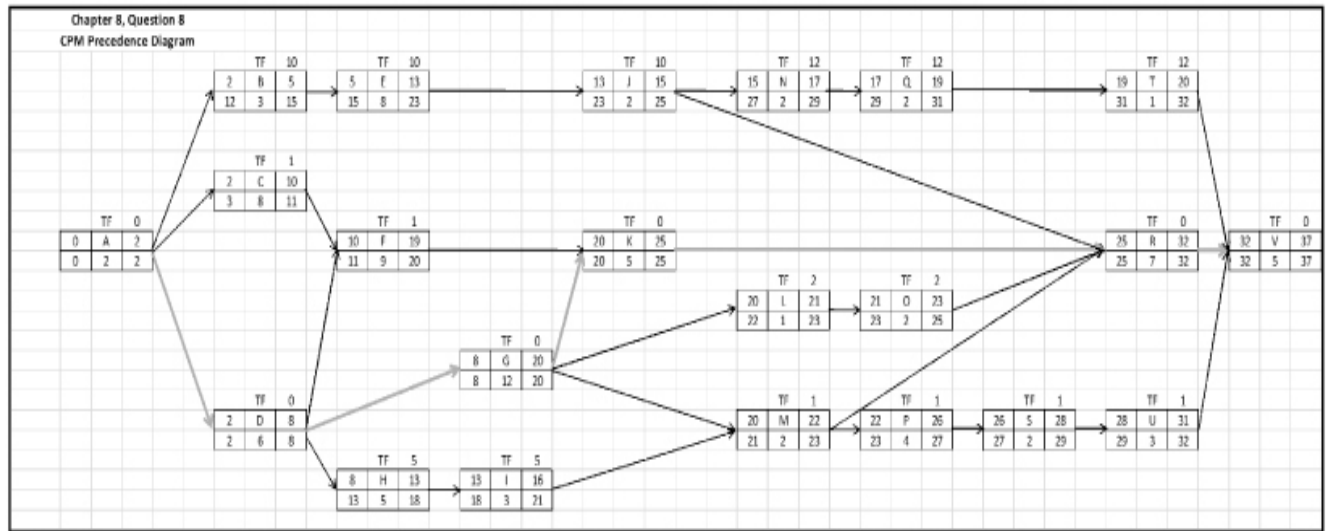


Figura 17.2 Ejemplo de un diagrama de CPM (Fournier et all, 2011)



Figura 17.3 Ejemplo de un Modelo BIM 4D (Gómez, 2011).

los inversionistas, los clientes o los dueños de los proyectos de construcción.

Para el personal técnico, un modelo BIM 4D ofrece una herramienta visual que representa elementos físicos reales del proyecto de construcción, y mediante la simulación es más fácil detectar errores en la secuencia de actividades en comparación con un diagrama de Gantt o una red CPM. Si el proyecto constructivo utilizó un modelo BIM para efecto

de generar planos, o algún otro de los usos de un modelo BIM, y se cuenta con el programa de obra, convertir el modelo BIM 3D en un modelo 4D, es una tarea de baja complejidad que, dependiendo del nivel de detalle que se requiera, puede requerir de una cantidad importante de tiempo para su realización. El tener un modelo BIM 4D no garantiza el éxito del proyecto, al igual que con el diagrama de Gantt o la red CPM, el programa de obra no es útil para el control del proyecto, si no



Figura 17.4 Centro de Recreación del Instituto Politécnico de Worcester.

se le da el seguimiento y la actualización adecuada. La actualización del programa de obra es una tarea más demandante de tiempo que la misma realización del programa de obra, pues requiere la evaluación física en sitio del progreso de las actividades de construcción y su registro adecuado para poder realizar una comparación contra las fechas planeadas. Para el personal técnico, un modelo BIM 4D ofrece una herramienta visual que representa elementos físicos reales del proyecto de construcción, y mediante la simulación es más fácil detectar errores en la secuencia de actividades en comparación con un diagrama de Gantt o una red CPM.

La actualización del programa de obra es una tarea más demandante de tiempo que la misma realización del programa de obra, pues requiere la evaluación física en sitio del progreso de las actividades de construcción y su registro adecuado para poder realizar una comparación contra las fechas planeadas. El registro del avance de las actividades de construcción, es en la mayoría de los casos mediante la observación y medición física en el sitio, registrándose por medio de papel y lápiz

o mediante la captura en dispositivos electrónicos móviles. Sin importar el método de recolección y registro de esta información, es una tarea fundamental para el control de obra, y debido a su dificultad es común que esta parte importante del control no se realice (Álvarez y Loria, 2006). En este documento se expone la experiencia documentada de un método alternativo para realizar el registro del avance de obra, con la ayuda de la información registrada en imágenes por cámaras web, situadas en diferentes ubicaciones del proyecto, y un modelo BIM 4D.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto donde se probó este método es la construcción del Centro de Recreación del Instituto Politécnico de Worcester (WPI), en Massachusetts, EUA (figura 17.4). Este proyecto albergará las actividades deportivas de la comunidad estudiantil de esta institución. El proyecto fue iniciado en mayo del 2010 y actualmente se encuentra en construcción. La empresa encargada del diseño realizó un modelo BIM del proyecto con fines

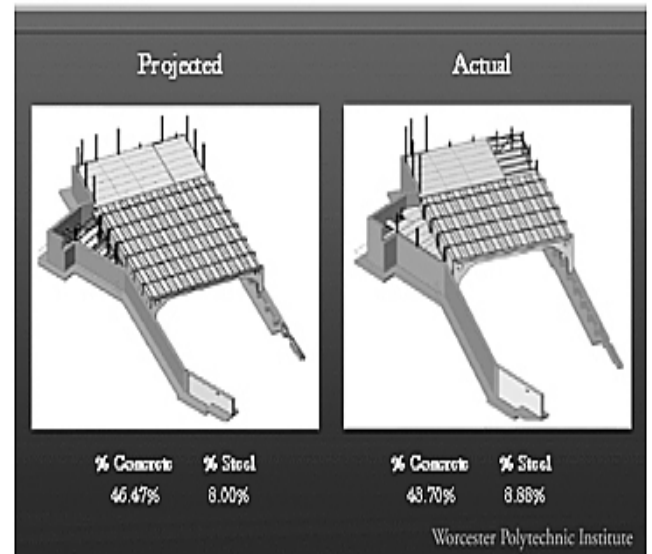
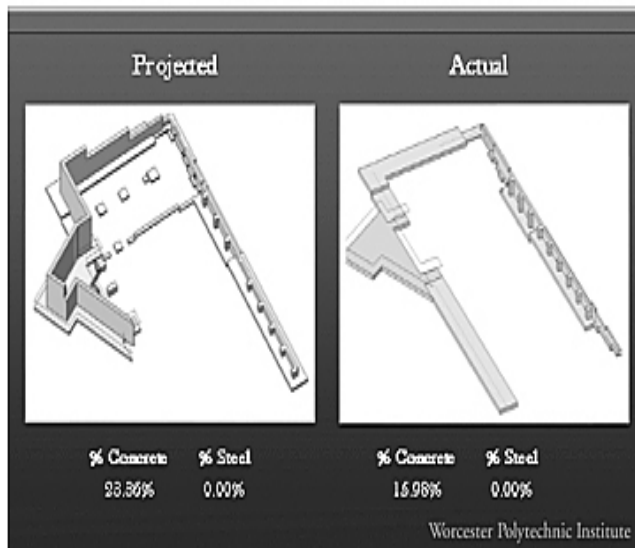


Figura 17.5 Comparación visual entre avance proyectado y actual (Fournier et al, 2011).

ilustrativos y de uso interno de la empresa, no como un entregable estipulado en el contrato de este proyecto. Un aspecto importante en la mecánica de trabajo en el proyecto, son las reuniones periódicas de seguimiento, en las que se vigila el progreso del proyecto respecto al costo y al tiempo de ejecución estipulados en la planeación.

A esta reunión acuden representantes del WPI, de la empresa que funge como Gerente del Proyecto y de la empresa diseñadora del proyecto. Para el seguimiento de la construcción, la empresa a cargo de la Gerencia del Proyecto utiliza el software Primavera Project Planner, y lo actualiza regularmente. Hasta este momento el programa original ha sufrido al menos 4 modificaciones.

El método alternativo probado para el registro del avance del proyecto y su comparativa con el plan original, se realizó utilizando el modelo creado por la empresa encargada del diseño. Se hicieron dos variantes, la primera utilizando Revit únicamente y la segunda utilizando software BIM especializado para este propósito. La primera variante fue

desarrollada por un grupo de cuatro alumnos del último año del nivel de licenciatura de la carrera de Ingeniería Civil del WPI (Fournier et al 2011). En esta variante se tomó el modelo proporcionado por la empresa diseñadora, hecho con el software Autodesk Revit y el programa de obra realizado por la Gerencia del Proyecto hecho en Primavera Project Planner.

El primer paso fue simplificar el programa de obra a 8 fases, que comprenden toda la estructura del edificio. Cada una de las fases comprendía el trabajo hecho en un periodo de un mes, a partir del 15 agosto 2010 al 15 de abril de 2011. Una vez identificadas las actividades de cada fase, se identificaron los elementos correspondientes en el modelo y utilizando la herramienta "Phases" del software Autodesk Revit, se crearon las 8 fases dentro del modelo, de tal manera que fue posible visualizar la apariencia que debería tener el proyecto en cada una de estas fases (figura 17.5).

Para hacer la comparación se creó un modelo con los avances reales en los mismos periodos



Figura 17.6 Registro fotográfico del 15 de Septiembre y 15 de Noviembre.

de las fases. Para evaluar el avance se tomó la información registrada por las cámaras web ubicadas en distintas partes del proyecto (figura 17.6), identificando en la fotografía los elementos construidos, los cuales se agruparon de nuevo para construir el modelo que representa el avance (figura 17.6, derecha).

Los resultados de esta propuesta se mostraron en una de las reuniones periódicas de seguimiento, las opiniones de los participantes coincidieron en que la comunicación visual de las diferencias entre lo planeado y lo real es muy clara y objetiva, sin embargo el esfuerzo necesario para obtener estas comparativas periódicas en relación al valor de lo que puede aportar en la discusión de la reunión no fue apreciado de manera consensuada. Los representantes de la constructora apreciaron las ventajas visuales y de comunicación, sin embargo la relación costo-beneficio no fue aceptada como rentable. A pesar de lo anterior, los representantes del dueño expresaron su deseo de poder contar con

esta clase de reportes en las reuniones, ya que, al no ser personal técnico, es fácil comprender la evaluación del avance del proyecto. La gran desventaja de esta alternativa, radica en la gran cantidad de tiempo que se requiere para generar el modelo que represente el avance real, ya que el Revit no cuenta con herramientas que agilicen este proceso.

Una segunda variante a esta alternativa fue desarrollada por una estudiante de intercambio del programa de maestría del WPI-UADY. En esta variante se evaluaron primero las herramientas BIM 4D, con el propósito de observar cuál era la más adecuada para los propósitos de este proyecto. Producto de esta evaluación se encontraron dos herramientas que permitían, de manera muy similar, cumplir con la tarea requerida, Autodesk Navisworks y Synchro.

Con estas herramientas es posible importar el modelo en formato Revit a sus respectivas plataformas. Para representar el programa de obra

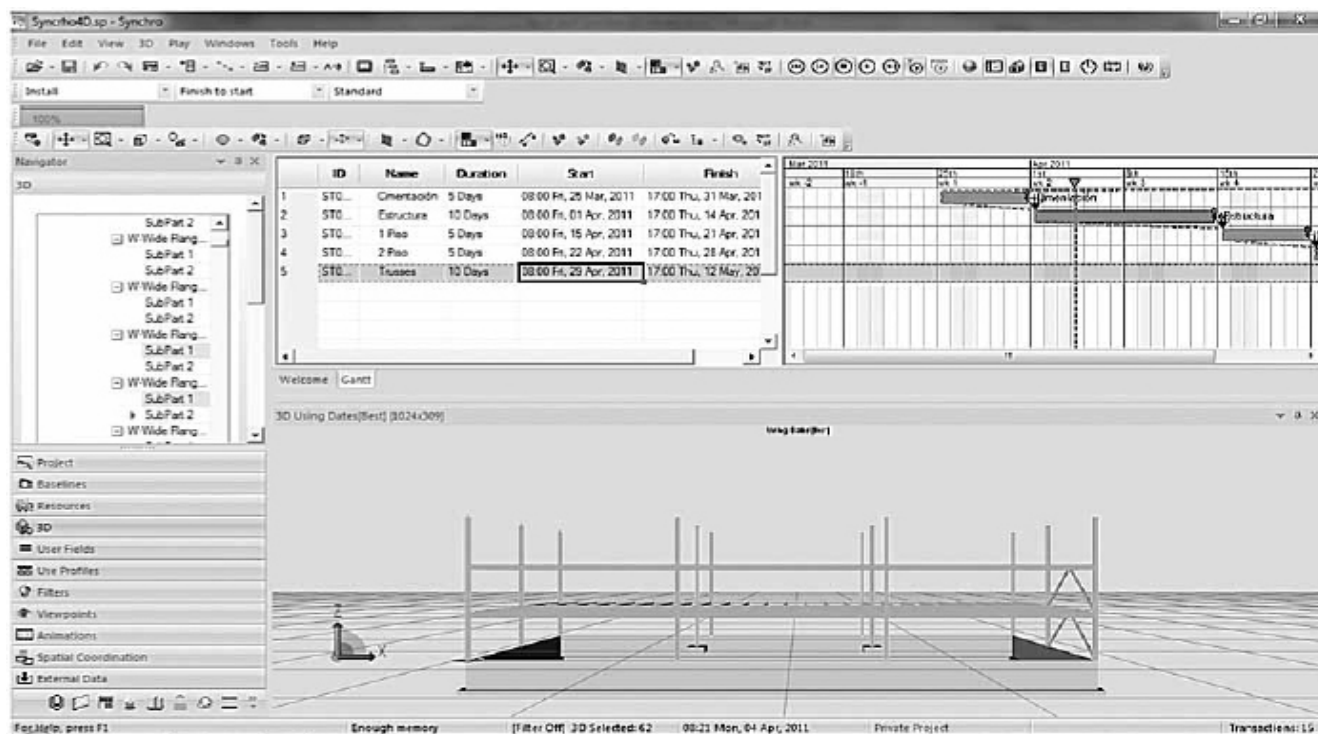


Figura 17.7 Simulación del avance planeado.



Figura 17.8 Simulación de la comparación entre el avance planeado y el real.

en lugar de agrupar los elementos del modelo en frases, se crean relaciones permanentes entre los elementos y las actividades calendarizadas, estas actividades calendarizadas son obtenidas directamente importándolas desde el archivo que contiene el programa de obra, que en este caso fue realizado en primavera. Estos software contienen herramientas que agilizan notablemente la tarea de relacionar una actividad con los elementos del modelo. Una vez relacionados los elementos del modelo y las actividades del programa de obra se puede visualizar una simulación de la secuencia constructiva (figura 17.7), visualmente más ilustrativa en relación a las imágenes estáticas que se pueden generar con Revit. Para registrar el avance real del proyecto, para esta alternativa, se utilizaron las mismas imágenes provenientes de la cámara web, solo que esta vez, en lugar de realizar un modelo separado con fases, en el mismo modelo dentro de Navisworks o Synchro, se actualizan las actividades del programa de obra registrando el avance de acuerdo a lo observado en las imágenes. Una vez registrado el avance se puede simular la secuencia real del proyecto, y más importante aún, la simulación comparativa entre lo planeado y realmente ejecutado, lo cual se hace utilizando códigos de colores durante la simulación (figura 17.8). En esta investigación, se realizó la simulación utilizando el color gris para las actividades que se encontraban terminadas en determinado momento de la simulación, verde para las que estaba en proceso, y rojo para las que deberían de estar iniciadas pero que no habían iniciado, tal y como se puede apreciar en una captura de un momento de la simulación en la (figura 17.8).

CONCLUSIONES

Aunque es posible realizar un seguimiento al proyecto utilizando Revit, el esfuerzo para hacerlo, lo hace impráctico si se realiza periódicamente con intervalos muy cortos entre corte y corte. Sin embargo, si se utiliza alguna de las herramientas disponibles, como las utilizadas en este estudio,

este problema se solventa, ya que el esfuerzo se concentra en relacionar el modelo BIM a las actividades del programa de obra. El esfuerzo subsecuente es el mismo que se realiza utilizando software especializado para la administración de proyectos, como el Primavera o el Microsoft Project.

El uso de cámaras web para registrar el avance de la obra es una opción práctica que ayuda a agilizar esta tarea, aunque tiene la limitante de que siempre existirán elementos que no queden dentro del alcance visual de la cámara, y por lo tanto habrán imprecisiones en el registro.

REFERENCIAS

Oberlender, G. D. Project Management for Engineering and Construction; McGraw Hill; ISBN 0070393605; USA 2000.

Smith, D. An introduction to Building Information Modeling (BIM), Journal of BIM, Fall 2007, Matrix Group Publishing Inc; USA 2007.

Gómez-Lara, M. L.; 4D Modeling, Independent Study Report, Worcester Polytechnic Institute, USA 2011.

Álvarez, S y Loría J.; Data Collection System for Labor Intensive Projects; Proceeding of Construction Research Congress 2005; ASCE, USA 2005.

Worcester Polytechnic Institute, A new Center for Excellence. web site <http://sportsandrecreation.wpi.edu/>, recuperado el 1 de septiembre de 2011.

Fournier, K.; Munion, S. and Stella, J.; Construction Management and Alternative Design Analysis; Major Qualifying Project Report, Worcester Polytechnic Institute, USA 2011.